

- 1.Серенко Л.А., Гавриленко М.Я. «Цветение» воды и евтрофирование. – К.: Наукова думка, 1978. – 232 с.
- 2.Хендерсон-Селерс Б. Инженерная лимнология : Пер. с англ. / Под ред. К.Я.Кондратьева. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 336 с.
- 3.Хендерсон-Селерс Б., Маркленд Х.Р. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного евтрофирования: Пер. с англ. / Под ред. К.Я.Кондратьева и Н.Н.Филатова. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 290 с.
- 4.Carlson R.E. A Trophic State Index for Lakes // Limnol. Oceanogr. 22, 1977. – P.361-169
- 5.Kloiber S.M., Brezonik P.L., Olmanson L.G., Bauer M.E. A procedure for regional lake water clarity assessment using Landsat multispectral data // Remote Sensing of Environment. 82. 2002. – P.38-47.
- 6.Sawaya K.E., Olmanson L.G., H.J.Heinert, Brezonik P.L., Bauer M.E. Extending satellite remote sensing to local scales: land and water resource monitoring using high-resolution imagery // Remote Sensing of Environment. 88. 2002. – P.144-156.
- 7.Brezonik P.L., Menken K.D., Bauer M.E. Landsat-based Remote Sensing of Lake Water Quality Characteristics, Including Chlorophyll and Colored Dissolved Organic Matter (CDOM) // Lake and Reservoir Management. 21(4). 2005. – P.373-382.
- 8.Кондратьев К.Я., Шумаков Ф.Т. Дистанционный мониторинг евтрофирования водоемов // Водные ресурсы. – 1990. – №5. – С.152-160.
- 9.Кондратьев К.Я., Брук В.В., Дружинин Г.В., Егоров Л.К., Малыхина И.И., Шумаков Ф.Т. Возможности использования космической информации для изучения процессов загрязнения и евтрофирования озерных систем // Исследование Земли из космоса. – 1988. – № 4. – С.49-57.
- 10.Кондратьев К.Я., Львов В.А., Шумаков Ф.Т. Особенности методики использования многозональной космической информации для оценки трофического состояния озерных систем // ДАН СССР. – 1990. – Т.1, №3. – С.571-574.
- 11.Шутенко Л.Н., Торкатюк В.И., Шумаков Ф.Т. Экономические особенности дистанционного мониторинга экологического состояния бассейна р.Северский Донец // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.62. – К.: Техніка, 2005. – С.145-151.

Получено 30.10.2007

УДК 628.14

В.Г.НОВОХАТНІЙ, канд. техн. наук, **О.В.МАТЯШ**

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ПОЧАСОВЕ РЕЗЕРВУВАННЯ В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ З РОЗГАЛУЖЕНИМИ МЕРЕЖАМИ

Аналізується можливість підвищення надійності систем водопостачання з мережами розгалуженого типу шляхом створення аварійного запасу води, що знаходиться у водонапірній башті. Запропоновано метод пошуку оптимального місця розташування водонапірної башти з метою підвищення безперебійності водопостачання споживачів (якщо геодезичні позначки суттєво не відрізняються).

Системи водопостачання з мережами розгалуженого типу мають значне розповсюдження в Україні в невеликих населених пунктах. Ви-

кликано це тим, що такі мережі потребують мінімальних капітало-вкладень, але функціонування таких систем пов'язане з недостатньою надійністю водопостачання споживачів. Але "Правила надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення" (Постанова Кабінету Міністрів України №630 від 21.07.2005 р.) вимагають, щоб "допустимий термін відхилення показників з безперебійного водопостачання складав не більше 6 годин на добу та не більше двох разів на місяць". Ці правила встановили показники надійності з безвідмовності та ремонтпридатності для систем водопостачання, а саме: напрацювання на відмову $T \leq 360$ год та середню тривалість відновлення $T_B \leq 6$ год. Аналіз надійності вказаних систем показав, що показники надійності з безвідмовності виконуються, але тривалість відновлення перевищує 6 год.

Дослідження надійності систем водопостачання проводяться постійно вченими різних країн. Слід вказати на останні роботи українських фахівців А.Я.Найманова [1, 2] і В.О.М'якишева [3]. Проте питання надійності систем водопостачання з водопровідними мережами розгалуженого типу в указаних роботах недостатньо деталізовані.

Для підвищення надійності можна застосувати резервування: структурне, почасове, функціональне, комбіноване. Застосуємо почасове резервування – введемо резервний водоживильник – водонапірну башту з резервним запасом води, яку будемо вважати майже абсолютною надійною. Розрахунки виконаємо для локальної системи водопостачання одного з селищ Полтавської області (рис.1). Водонапірна башта необхідна для забезпечення водою споживачів на період ремонту артезіанської свердловини. Потрібний резервний запас води у водонапірній башті визначимо за формулою

$$W_{BB}^{рез} = Q_{mid} T_B^{св},$$

де Q_{mid} – середньогодинна витрата води селищем, м³/год; $T_B^{св}$ – середня тривалість відновлення свердловини, год.

Введемо наступні визначення. *Споживач* питної води – юридична або фізична особа (власник садиби або квартири), що використовує воду для господарсько-питних потреб. *Диктуючий споживач* – споживач, який розташований у кінцевих вузлах мережі. *Працездатний стан* напрямку подавання води – наявність води у диктуючого споживача – працездатний стан усіх споруд на шляху від водоживильника до диктуючого споживача. *Непрацездатний стан* напрямку подавання води – відсутність води у диктуючого споживача – відмова хоча б однієї із споруд на шляху від водоживильника до диктуючого споживача. *Відмова* напрямку подавання води – момент переходу з працездатного в

непрацездатний стан. Зважаючи на те, що дана система водопостачання не виконує протипожежних функцій, основними показниками надійності системи водопостачання за вибраним напрямком слід прийняти: середнє напрацювання між відмовами T та середню тривалість відновлення T_B , а комплексним показником – коефіцієнт готовності системи водопостачання за напрямком K_G .

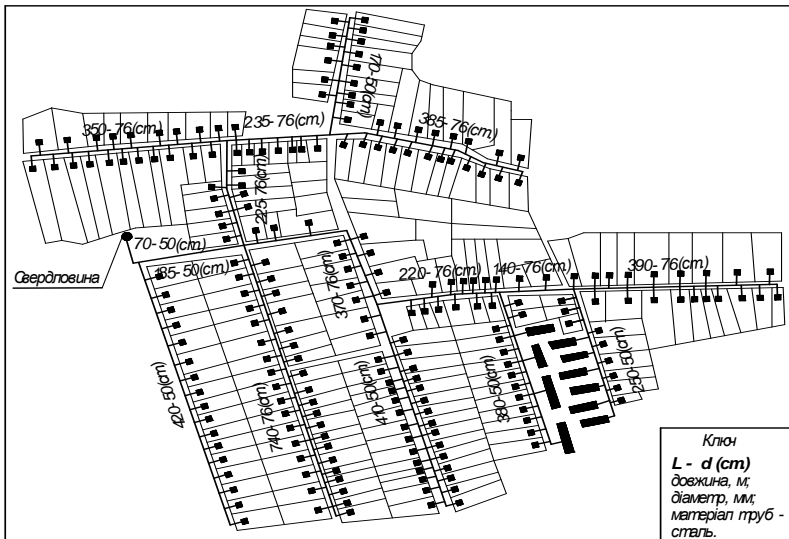


Рис.1 – План системи водопостачання селища

Математичною моделлю для розрахунків надійності у цьому випадку є послідовне поєднання відновлювальних елементів. Тоді:

Параметр потоку відмов i -ї ділянки мережі

$$\omega_{o_i} = \sum_{i=1}^n \omega_{o_i} L_i,$$

де L_i – довжина ділянки трубопроводу i -го діаметра, км; ω_{o_i} – параметр потоку відмов 1км трубопроводу i -го діаметра [4].

Параметр потоку відмов мережі за j -м напрямком

$$\omega_{m_j} = \sum_{i=1}^n \omega_{o_i},$$

де n – кількість ділянок мережі за j -м напрямком.

Параметр потоку відмов артезіанської свердловини

$$\omega_{cv} = \omega_{н.а} + \omega_3 + \omega_k,$$

де $\omega_{н.а}$, ω_3 , ω_k – параметри потоків відмов насосного агрегату, засувки, зворотного клапана.

$$\omega_{cv} = 0,00021 + 0,000004 + 0,000008 = 0,000222 \text{ (1/год)} \text{ [5].}$$

Параметр потоку відмов системи за j -м напрямком

$$\omega = \omega_{cv} + \sum_{i=1}^n \omega_{0_i} \cdot L_i.$$

Середнє напрацювання між відмовами системи за j -м напрямком

$$T = \frac{1}{\omega_{cv} + \sum_{i=1}^n \omega_{0_i} \cdot L_i}.$$

Середня тривалість відновлення системи за j -м напрямком

$$T_B = \frac{T_B^{cv} \omega_{cv} + T_B^{\partial} \omega_m}{\omega_{cv} + \omega_m},$$

де T_B^{cv} – середня тривалість відновлення артезіанської свердловини;
 T_B^{∂} – середня тривалість відновлення ділянки трубопроводу.

Розрахунки надійності виконано за допомогою електронних таблиць (табл.1, 2) “Microsoft Excel SR-1” поваріантно. Схеми для розрахунків надійності (рис.2, 3) і результати в табличній формі наведені нижче. Границя зон впливу башти і свердловини показана пунктиром.

Таким чином, введення почасового резерву не зменшує тривалість відновлення системи водопостачання за напрямком від водоживильника до споживача. Для доведення середньої тривалості відновлення до 6 год потрібно зменшувати час ремонту ділянок мережі або виконувати резервування мережі. Почасове резервування збільшує безвідмовність водопостачання за напрямком – середнє напрацювання на відмову значно перевищує 360 год. Оптимальним місцем розташування водонапірної башти у разі, коли геодезичні позначки суттєво не відрізняються, є центр рівнонадійності. Такою точкою є вузол, від якого напрацювання на відмову до диктуючих споживачів мають приблизно однакові значення. При цьому найкращим потрібно вважати варіант, у якого найменше значення напрацювання на відмову найбільше з розглянутих варіантів (серед варіантів 2-4 найкращим є третій варіант).

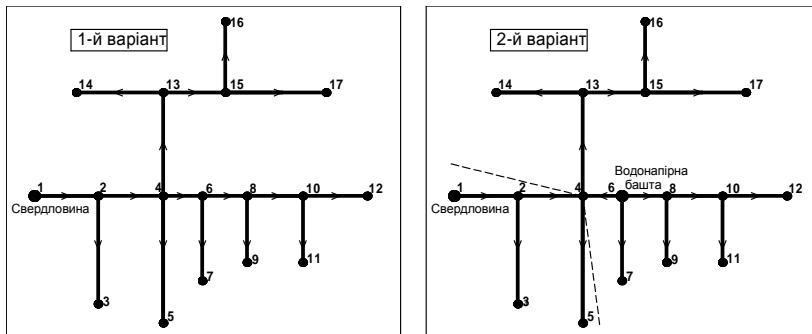


Рис.2 – Схеми для розрахунку надійності

Таблиця 1 — Надійність системи водопостачання за напрямками

№ з/п	Розрахункові дані за напрямками подавання води			
	1-й варіант	параметр потoku відмов ω_n , 1/год	напряцювання на відмову T , год	тривалість відновлення T_B , год
	назва напрямку			
1	1-2-4-13-14	0,000415	2408,6	10,9
2	1-2-4-13-15-17	0,000474	2109,5	11,1
3	1-2-4-13-15-16	0,000435	2297,1	11,0
4	1-2-4-6-8-10-12	0,000533	1872,7	11,2
5	1-2-4-6-8-10-11	0,000515	1940,0	11,1
6	1-2-4-6-8-9	0,000519	1924,8	11,2
7	1-2-4-6-7	0,000479	2085,3	11,1
8	1-2-4-5	0,000451	2216,6	11,0
9	1-2-3	0,000352	2838,2	10,7
Середні значення			2188,1	11,0
№ з/п	Розрахункові дані за напрямками подавання води			
	2-й варіант	параметр потoku відмов ω_n , 1/год	напряцювання на відмову T , год	тривалість відновлення T_B , год
	назва напрямку			
Зона впливу водонапірної башти				
1	6-7	0,000109	9174,3	12
2	6-8-9	0,000149	6711,4	12
3	6-8-10-11	0,000145	6920,4	12
4	6-8-10-12	0,000164	6116,2	12
5	6-4-13-14	0,000206	4863,8	12
6	6-4-13-15-16	0,000230	4432,6	12
7	6-4-13-15-17	0,000264	3793,6	12
Середні значення			6001,8	12
Зона впливу свердловини				
1	1-2-4-5	0,000451	2216,6	11,0
2	1-2-3	0,000352	2838,2	10,7

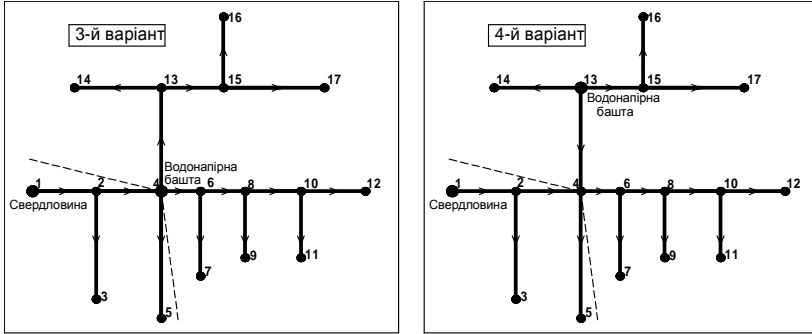


Рис.3 – Схеми для розрахунку надійності

Таблиця 2 — Надійність системи водопостачання за напрямками

№ з/п	Розрахункові дані за напрямками подавання води			
	3-й варіант	параметр потoku відмов ω_n , 1/год	напрацювання на відмову T , год	тривалість відновлення T_B , год
	назва напрямку			
Зона впливу водонапірної башти				
1	4-6-7	0,00019	5274,3	12
2	4-6-8-9	0,00023	4355,4	12
3	4-6-8-10-11	0,000225	4442,5	12
4	4-6-8-10-12	0,000244	4096,7	12
5	4-13-14	0,000125	8000,0	12
6	4-13-15-16	0,000145	6896,6	12
7	4-13-15-17	0,000183	5464,5	12
Середні значення			5504,3	12
Зона впливу свердловини				
1	1-2-4-5	0,000451	2216,6	11,0
2	1-2-3	0,000352	2838,2	10,7
№ з/п	Розрахункові дані за напрямками подавання води			
	4-й варіант	параметр потoku відмов ω_n , 1/год	напрацювання на відмову T , год	тривалість відновлення T_B , год
	назва напрямку			
Зона впливу водонапірної башти				
1	13-14	0,000076	13157,9	12
2	13-15-16	0,000096	10416,7	12
3	13-15-17	0,000134	7462,7	12
4	13-4-6-7	0,000239	4191,1	12
5	13-4-6-8-9	0,000279	3589,4	12
6	13-4-6-8-10-11	0,000274	3648,3	12
7	13-4-6-8-10-12	0,000293	3411,8	12
Середні значення			6554,0	12
Зона впливу свердловини				
1	1-2-4-5	0,000451	2216,6	11,0
2	1-2-3	0,000352	2838,2	10,7

1. Найманов А.Я. О надежности систем водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – №7. – С.30-35.

2. Найманов А.Я. Особенности оценки надежности кольцевой водопроводной сети // Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – №12. – С.11-16.

3. Мякишев В.А. Совершенствование технологии подготовки питьевой воды и внедрение СанПиНа. – Симферополь: Крым. акад. природоохран. и курорт. стр-ва, 2003. – 203 с.

4. Новохатний В.Г., Запорожец С.С., Цыб В.Я., Григоренко Н.В. Анализ надежности водопроводных труб. – Полтава: ПолтавИСИ, 1981. – 12 с. – Рус. – Деп. во ВНИИИС, №2840 // БУ деп. рук. – 1981. – №11.

5. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: Справочник / Под. ред. В.Д.Дмитриева, Б.Г.Мишукова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, 1988. – 383 с.

Отримано 07.09.2007

УДК 628.33

В.О.ОРЛОВ, д-р техн. наук, Н.Л.МІНАЄВА

Національний університет водного господарства і природокористування, м.Рівне

ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ВОДИ НА УСТАНОВЦІ БАШТОВОГО ТИПУ З ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНИМ ФІЛЬТРОМ

Наводиться технологічна схема металевої водонапірної башти з пінополістирольним фільтром для знезалізнення води, а також результати ефективності роботи фільтра.

Сьогодні водопостачання більшості сільських населених пунктів західної та північної частин України здійснюється шляхом забору води із підземних джерел. Часто в такій воді міститься підвищена концентрація заліза, сірководню та вільного вуглекислого газу, тобто вона не є придатною для питного, промислового та побутового водопостачання.

У зв'язку з економічною ситуацією в Україні та браком коштів на будівництво очисних споруд найкращим виходом з даної ситуації є суміщення водоочисних фільтрів та інших споруд. Тобто, сьогодні найбільш перспективними є установки баштового типу з фільтром, завантаженим плаваючою пінополістирольною засипкою. Оскільки порівняно з важкими засипками пінополістирол має ряд експлуатаційних переваг – значно легше здійснюються операції по завантаженню засипки, заміні та промивці фільтра [1, 2].

Досвід розробки та впровадження станцій знезалізнення води з 1978 р. і будівництво станцій баштового типу в Україні, Росії, Білорусі дозволив створити (залежно від призначення) ряд економічно й екологічно ефективних станцій баштового типу [3-5]. Одними з перших спроб були установки „Десна” [6] та БВУ-200 [3]. Проте більшість із запропонованих установок мають ряд недоліків, таких як складність у будівництві та експлуатації конструкції, виніс пінополістиролу, велика